2334

RENDICONTI DELLA R. ACCADEMIA D
Classe di scienze fisiche, matematiche e natura
Estratto dal vol. XIII, 1° sem., serie 5ª, fasc. 10°. — Seduta del 15 maggio 1904.

Op 43/29

LA RAPIDITÀ DELLO SCAMBIO GASSOSO NEI POLMONI.

DURATA DELLA REAZIONE PER L'ANIDRIDE CARBONICA INSPIRATA.

L'ESPIRAZIONE ATTIVA.

NOTA

DEL SOCIO

ANGELO MOSSO

R. ISTITUTO
DI
PSICOLOGIA SPERIMENTALE
Fondazione E. E. PELLEGRINI
1935 - N. 1472

ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1904

BIBLIOTECA
PSICOLOGIA
UNIVERSITÀ DI TORINO
R
op. 2/39

R. ISTITUTO
DI
PSICOLOGIA SPERIMENTALE
Fondazione E. E. PELLEGRINI
1935-n.1472

2334

Fisiologia. — *La rapidità dello scambio gassoso nei polmoni. Durata della reazione per l'anidride carbonica inspirata. L'espirazione attiva.* Nota del Socio A. Mosso [1].

Hüfner vide che l'emoglobina la quale raggiunse il suo grado di saturazione nell'aria, non cede l'ossigeno se non ad una pressione di 62 mm. di mercurio [2]; per ispiegare il male di montagna, che si manifesta sempre per depressioni barometriche meno forti, ammise che il sangue attraversando i polmoni non abbia tempo per effettuare uno scambio gassoso completo e saturarsi di ossigeno. Il problema della circolazione e della velocità del sangue nei polmoni, riconosciuto che erano esatte le misure di Hüfner, diventò uno studio fondamentale per conoscere la natura del male di montagna. I recenti studî di Löwy e Zuntz [3] modificarono le nostre idee mostrando le differenze che passano fra le soluzioni di emoglobina studiate da Hüfner ed il sangue normale: ciò nulla meno la difficoltà quale fu posta primitivamente da Hüfner, e venne meglio svolta nella sua recente Memoria [4], ha sempre una grande importanza.

Appena col metodo di Barcroft e Haldane [5] diventò possibile di fare delle analisi dei gas, sufficientemente esatte, con un solo centimetro cubico di sangue il quale potevasi prendere con facilità nella corrente sanguigna di un'arteria, pensai di applicare tale metodo alla soluzione del problema di conoscere lo scambio gassoso e la velocità dei processi che si compiono nel sangue che attraversa i polmoni. In questa Nota riferisco le esperienze che feci con l'anidride carbonica, riserbandomi di esporre più tardi le ricerche per l'ossigeno del sangue nell'aria rarefatta.

4 aprile 1903.

Il tracciato 1 rappresenta il respiro di un coniglio del peso di 1550 gr. al quale iniettammo 1,5 gr. di cloralio nell'addome. Nella trachea fu messa una cannula a forchetta, un ramo della quale serviva per respirare e l'altra scriveva i moti della corrente dell'aria respirata per mezzo di un timpano a leva. Il tempo è scritto sotto in secondi. Per far respirare al coniglio la mescolanza del 31 % CO_2 contenuta in un gazometro, facciamo comunicare

(1) Presentata nella seduta del 1° maggio 1904.
(2) Archiv. f. Anat. und Physiol., 1890, pag. 24. Ibid., 1901, pag. 187.
(3) Archiv. f. Anat. u. Physiol., 1904, pag. 231. Ibid. 166.
(4) Archiv. f. Anat. u. Physiol., 1901, pag. 187.
(5) Journal of Physiol., 1802. Archives ital. de Biologie, tome XXXIX, pag. 395.

con esso il ramo libero della cannula tracheale per mezzo di un tubo di vetro alquanto più grosso di quello della cannula: restando questa nel centro di detto tubo, rimane libero uno spazio anulare pel quale può sfuggire la mescolanza di CO_2 senza esercitare una pressione nei polmoni. Nella linea superiore che rappresenta il respiro normale, si vede che di quando in quando il coniglio fa qualche inspirazione più profonda. Nel tratto segnato ⊢—⊣ 1 si prende un primo campione di sangue dall'arteria carotide che

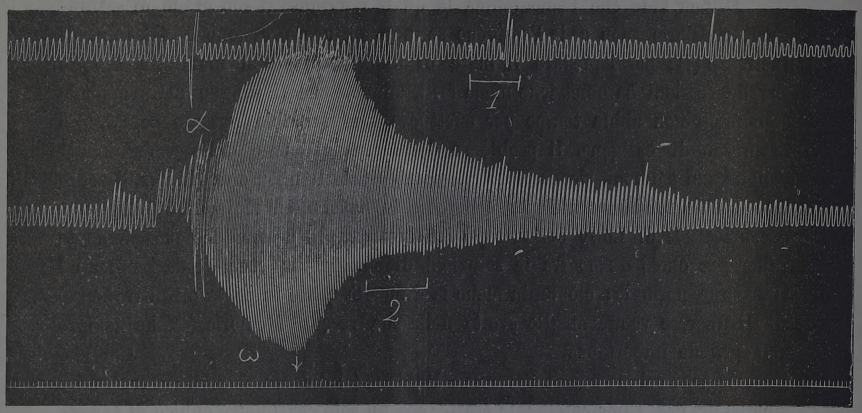

Fig. 1.

viene analizzato col metodo Barcroft e Haldane che descrissi insieme al dott. G. Marro in una precedente Nota [1].

Esso conteneva ossigeno 15,72 %. CO_2 40,85 %.

Nella seconda linea in α comincia la respirazione con una miscela la quale conteneva 31 % CO_2. Succede una piccola irregolarità perchè l'animale fece un leggero movimento. Il respiro si rinforza. Nel punto segnato $\omega \downarrow$ cessa l'amministrazione dell'anidride carbonica e subito diminuisce la profondità del respiro. Nel tratto segnato ⊢—⊣ 2 prendiamo dall'altra carotide un altro campione di sangue che analizzato contiene:

Ossigeno 15,65 % CO_2 40,50 %.

Sono bastati 10 secondi perchè il sangue tornasse normale e sebbene l'analisi dimostri che è scomparsa l'anidride carbonica, sussiste ancora un forte aumento nella profondità del respiro che dura per oltre un minuto dopo

[1] Rendic. R. Accad. dei Lincei, 21 giugno 1903.

che per mezzo dell'analisi trovammo che il sangue è tornato normale. Esaminerò meglio questo tracciato dopo aver riferito un'altra esperienza analoga: intanto è utile notare la differenza che passa tra il tempo dell'azione e quello della reazione, e come questo sia molto più lungo. L'azione eccitante dell'anidride carbonica si svolge rapidamente, ma i suoi effetti scompariscono lentamente anche quando non vi è più l'anidride carbonica in eccesso nel sangue.

4 marzo 1903 (fig. 2).

Un coniglio del peso di 1,400 gr. viene addormentato coll'iniezione di mezzo grammo di cloralio nell'addome; per mezzo di una cannula a T messa

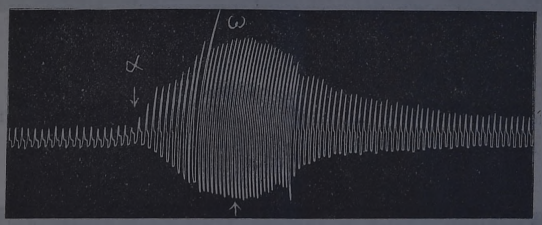

Fig. 2.

nella trachea, si scrive nel modo solito il respiro. In un grande gazometro come nell'esperienza precedente eravi una mescolanza di aria con anidride carbonica al 31 %: perchè fosse eguale la proporzione dell'ossigeno avevamo aggiunto un volume di questo gas uguale al quinto del volume di CO_2 messo nel gasometro.

In principio del tracciato 2 il respiro è normale. La velocità di rotazione del cilindro trovasi scritta in secondi nella fig. 4: nel segno ↓ α comincia a respirare la mescolanza 31 % CO_2. Vediamo che aumenta prima la profondità e dopo cambia anche il ritmo. In ↓ ω cessa l'inalazione, e come nell'esperienza precedente diminuisce l'ampiezza dei moti respiratorî. Anche in questo tracciato apparisce con evidenza la reazione prodotta dall'anidride carbonica. Vi è un ritardo nell'azione di questo gas che può prestarsi bene per uno studio ulteriore dell'eccitabilità delle cellule nervose.

Nella fig. 3 ho preso un campione di sangue dall'arteria carotide nel punto segnato ⟵ S, quando l'animale aveva fatto appena cinque movimenti respiratorî dopo che era cessata la respirazione coll'anidride carbonica 31 % in ω. È lo stesso coniglio del tracciato precedente: il respiro è meno frequente, perchè era divenuta più intensa l'azione del cloralio. La respirazione dell'anidride carbonica 31 % è cominciata in α.

Fatta l'analisi del sangue, risultò normale:

$$CO = 12{,}35\ \%\qquad CO_2 = 35{,}03\ \%.$$

Anche qui si vede l'estrema rapidità colla quale l'anidride carbonica viene eliminata dal sangue: bastarono cinque moti respiratorî perchè il sangue

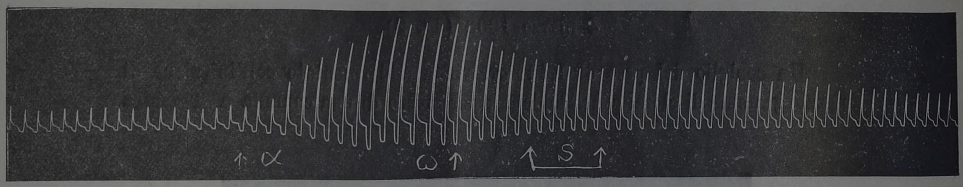

Fig. 3.

tornasse normale. Ammettendo che il coniglio facesse 120 sistoli al minuto (perchè i movimenti del cuore come quelli del respiro erano più lenti del

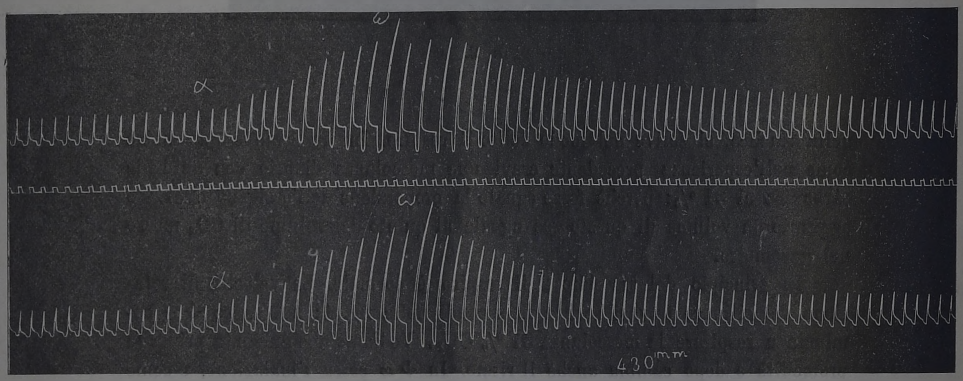

Fig. 4.

normale) in circa due rivoluzioni complete del sangue di tutto il corpo a traverso i polmoni, questo si sarebbe liberato dell'eccesso di CO_2. In seguito a queste esperienze i disturbi che si osservano nel male di montagna non posso attribuirli a un difetto nella rapidità dello scambio gassoso: e resta escluso il concetto di un impedimento che per la rarefazione dell'aria si produca nei polmoni in modo che il sangue non abbia tempo a cedere l'anidride carbonica, e ad assorbire l'ossigeno necessario.

Espirazione attiva. — Il metodo qui adoperato per scrivere la respirazione non misura esattamente il moto dei muscoli: esso indica solo la pressione dell'aria nelle vie respiratorie; e sotto questo punto di vista rappresenta il grado di attività dei centri respiratorî.

Confrontando nelle figure 1 e 2 il profilo superiore con l'inferiore dopo che cessò la respirazione coll'anidride carbonica, vediamo che la curva sottostante, la quale passa pel vertice di tutte le inspirazioni, ritorna più sollecitamente verso la posizione normale inspiratoria che non la linea superiore che corrisponde alla espirazione. La differenza fra questi due profili rappresenta la espirazione attiva. Il prof. V. Aducco (1) dimostrò con altri metodi che i muscoli espiratorî entrano in funzione anche nel respiro normale. Qui vediamo che i centri espiratorî una volta eccitati dall'anidride carbonica si mantengono più a lungo attivi, oltre il normale, che non i centri inspiratorî. Facendo sopra di me delle esperienze nelle quali respiravo delle mescolanze dal 15 al 30 % CO_2, mi accorsi che si rinforzava molto l'espirazione: in alcuni, come nel dott. Carlo Foà, la contrazione dei muscoli espiratorî era così forte respirando le miscele sopra dette da recare molestia.

Questa molestia l'abbiamo provata solo nella pianura e non sulla vetta del Monte Rosa dove le medesime mescolanze di anidride carbonica dal 15 al 30 % non davano alcuna molestia. È questa un'altra prova che l'anidride carbonica nell'aria rarefatta agisce meno intensamente, perchè non eccita così attivamente fino da rendere molesta la espirazione attiva. Siccome vi sono dei fisiologi valenti, anche tra i più giovani, che non accettarono ancora gli studî fatti in Italia sulla espirazione attiva, dimostrata come una funzione normale dal prof. Aducco, volli portare queste nuove osservazioni in appoggio della sua dottrina.

L'estrema facilità colla quale il sangue si libera del CO_2 e si satura di ossigeno apparisce anche meglio evidente in una esperienza del professore Aducco (2), il quale nei cani neonati vide che basta una sola inspirazione, perchè il sangue della carotide diventi rosso rutilante e d'aspetto normale, mentre che era divenuto nero per una pausa respiratoria più lunga di un minuto.

Osservando gli ippopotami che si trovano nel giardino zoologico di Londra, vidi che stavano sott'acqua due minuti e mezzo, sino a tre minuti, senza respirare: il primo movimento che facevano uscendone era una espirazione che l'animale compieva dopo qualche tempo che aveva sollevato le narici dall'acqua. Il dott. Grandis confermò negli ippopotami di Berlino queste osservazioni. Le narici, quando l'animale le chiudeva, avevano un color rosso vermiglio: trattenendo il respiro per due minuti, fino a tre, le narici prende-

(1) Archives ital. de Biologie, VIII, pag. 194.
(2) Archives ital. de Biologie, XVIII, pag. 1.

vano un color scuro venoso; a questo punto l'ippopotamo faceva una espirazione e dopo l'inspirazione successiva che era più profonda delle normali, il sangue tornava completamente normale giudicando dal colore delle narici.

Diminuzione dell'eccitabilità dei centri respiratorî nell'aria rarefatta. — Lo stesso coniglio che servì all'esperienze delle figg. 2 e 3 durante un tempo eguale respira nella figura 4 la mescolanza del 31 % di CO_2. Sono 14 inspirazioni che fa da α in ω nel tracciato superiore ed in quello inferiore; ma in quello inferiore producevamo una depressione barometrica appena finita l'inalazione con aria che conteneva 31 % CO_2.

In ω ricopriamo il coniglio colla grande campana di vetro, e subito funzionano le pompe e da mm. 738 la pressione scende rapidamente a 430 mm. che è la pressione barometrica del Monte Rosa. Vediamo che diminuisce la profondità del respiro, ma la frequenza non è cambiata in confronto col tracciato superiore.

Si poteva supporre che il respiro divenisse meno intenso, perchè la depressione barometrica estraeva dal sangue l'anidride carbonica, quest'ultima esperienza prova che la eccitabilità dei centri respiratorî diminuisce egualmente anche quando non esiste un eccesso di anidride carbonica nel sangue arterioso, e in base a queste esperienze comprendiamo il meccanismo, col quale diminuisce l'intensità del respiro nelle montagne. Avevo già mostrato che sulle Alpi si produce un leggiero grado dei paralisi dei nervi vaghi; a questo fatto che spiegava l'acceleramento del polso e il rallentamento del respiro, ora aggiungiamo un nuovo fattore che è la diminuzione dell'eccitabilità dei centri respiratorî. Malgrado che per la rarefazione dell'aria, diminuisca sulle montagne e nelle ascensioni aereostatiche, la quantità in peso di aria che introduciamo nei polmoni, con che dovrebbe rinforzarsi il respiro per produrre una compensazione, noi vediamo succedere nel respiro dei mutamenti che agiscono in senso contrario, perchè il ritmo si rallenta, e diviene meno grande la profondità dei movimenti respiratorî. Noi ci avviciniamo così poco per volta ad una conoscenza più esatta del modo, col quale agisce la rarefazione dell'aria.